

BIOESTIMULANTES Y NUTRIMENTOS FOLIARES EN LA PRODUCCIÓN DE HIGO (*Ficus carica* L.) 'CAFÉ DE TURQUÍA'

BIOSTIMULANTS AND FOLIAR NUTRIENTS IN THE PRODUCTION OF 'BROWN TURKEY' FIG (*Ficus carica*)

Morgado-González, A.¹; Becerril-Román, A.E.^{1*}; Calderón-Zavala, G.¹; García-Villanueva, E.¹; Velasco-Cruz, C.¹; Alberto-Villa, J.²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. ²Instituto Tecnológico Superior de Tlatlauquitepec, Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable. Carretera federal Amozoc-Nautla km 122+600. Almoloni, Tlatlauquitepec, Puebla.

*Autor de correspondencia: becerril@colpos.mx

ABSTRACT

The experiment was established in the open in Xochiapulco, Puebla, Mexico, in fig plants (*Ficus carica* L.) Cv. Brown Turkey, after four years of being established; two applications were carried out (May-June, 2017) of cytokinins (Agromil-Plus®) and gibberellic acid (Gibiotin®) at 0.5 mL L⁻¹ and 20 mg kg⁻¹, respectively, in combination of Ca(NO₃)₂ at 2% and P-K (30-30) at 1%, in a completely random experimental design and five repetitions. The application of gibberellic acid with Ca(NO₃)₂ increased the length of branches (31.5%) and number of fruits (15%); both bioregulators combined with Ca(NO₃)₂ increased the size of the fruit in 7 %, with a weight increase of 13.5%; and it was observed that gibberellic acid promotes the development of two fruits per node. The bioregulators and macronutrients applied on the leaf potentiate the yield of the fig crop in the open field.

Keywords: fruit trees, regulators, gibberellins, calcium nitrate.

RESUMEN

El experimento se estableció a campo abierto en Xochiapulco, Puebla, México, en plantas de higo (*Ficus carica* L.) Cv. Café de Turquía con cuatro años de establecidas; se realizaron dos aplicaciones (mayo- junio, 2017) de citocininas (Agromil-Plus®) y ácido giberélico (Gibiotin®) a 0.5 mL L⁻¹ y 20 mg kg⁻¹, respectivamente, en combinación de Ca(NO₃)₂ al 2% y P-K (30-30) al 1%, en un diseño experimental completamente al azar y cinco repeticiones. La aplicación de ácido giberélico con Ca(NO₃)₂ incrementó la longitud de ramas (31.5%), y número de frutos (15%); ambos biorreguladores combinados con Ca(NO₃)₂, aumentaron las dimensiones del fruto en 7%, incrementando su peso en 13.5%; y se observó que el ácido giberélico promueve el desarrollo de dos frutos por nudo. Los biorreguladores y macronutrientes aplicados vía foliar potencian el rendimiento del cultivo de higo a campo abierto.

Palabras clave: árboles frutales, reguladores, giberelinas, nitrato de calcio.



INTRODUCCIÓN

El higo (*Ficus carica* L.) es la primera planta cultivada en el mundo, antes que los cereales (Krislev *et al.*, 2006). La FAO (2010) sugiere que se cultiva en 48 países del mundo; la superficie en producción en México (1,456.1 ha) está distribuida en 11 estados de la República, siendo Morelos, Baja California Sur y Puebla, los estados con mayor superficie; el rendimiento medio nacional es de 5.29 t ha^{-1} , tiene un precio medio nacional de \$9,281.00 por tonelada; sin embargo, por la reciente apertura del mercado para exportación, este alcanza hasta los \$23,000.00 por tonelada en fresco (SIAP, 2016). La mayor superficie de higo se encuentra establecida a campo abierto, el sistema de producción se caracteriza por plantaciones de edad avanzada, suelos con bajos niveles nutrimentales, precipitaciones erráticas y mal distribuidas, además de un escaso o nulo manejo cultural (podas, control de plagas-enfermedades y manejo de estimulantes o nutrimentos vía foliar). El estado de Puebla a pesar de ser el tercer productor nacional por superficie, registra valores inferiores a la media nacional en rendimiento (4.36 t ha^{-1}), debido a que los productores realizan las mínimas prácticas agrícolas, generando así, plantas con baja productividad, frutos de tamaño pequeño y árboles con alto déficit nutrimental.

Los biorreguladores son considerados esenciales en la fisiología vegetal, y si no son producidos en balance, o utilizados oportunamente en el sitio de acción correspondiente, provoca que la planta altere su crecimiento y desarrollo normal, afectando la fenología de los cultivos, además de alteraciones drásticas en la producción, calidad del órgano de cosecha, así como la posibilidad de preservar la propia especie. Los biorreguladores sintéticos son productos químicos que contienen compuestos que pueden utilizarse para manipular diversos procesos fisiológicos de las plantas y así aumentar el potencial de producción o la calidad de los productos (Arshad y Frankenberger, 1991).

Aunado al uso de bioreguladores como alternativa para potenciar los rendimientos de los frutales, se sabe que los requerimientos nutrimentales de éstos, solo pueden mantenerse mediante la continua reposición de aquellos nutrimentos que son

extraídos por los árboles durante el ciclo productivo (Chatterjee y Dube, 2004). Aunque convencionalmente al higo se le fertiliza con macronutrimentos al suelo, existen situaciones en que las plantas presentan algún grado de deficiencia y, por tanto, se hace necesario incluir en los programas de fertilización, aspersiones foliares de nutrimentos para obtener respuestas rápidas del frutal, sobre todo en etapas críticas del cultivo. Por lo anterior, en esta investigación se tuvo por objetivo evaluar el efecto que tiene el ácido giberélico y las citocininas, en combinación con macronutrimentos aplicados vía foliar, en el crecimiento y producción de árboles de *Ficus carica* Cv. Café de Turquía.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue establecido en el municipio de Xochiapulco, en la comunidad de Ixhehuaco ($19^{\circ} 48' \text{ N}$ y $97^{\circ} 36' \text{ O}$), a 2,100 m de altitud, precipitación de 1,000 mm anuales, temperatura media anual de 16° C , con un clima templado húmedo, con abundantes lluvias en verano; el suelo en el que se encuentra establecida la huerta es del tipo andosol. Las plantas de higo evaluadas, fueron de cuatro años de edad, del cultivar Café de Turquía, y fueron podadas a tres nudos con ocho ramas principales y fertilizadas con 120 g de fosfato diamónico (18-46-00) por árbol.

Se utilizó un diseño de tratamientos factorial con dos factores, teniendo como factor A los biorreguladores a base de citocininas y ácido giberélico (Figura 1), con los productos comerciales Agromil-Plus® y Gibiotín® a concentraciones de 0.5 mL L^{-1} de agua y 20 mg kg^{-1} respectivamente. Como factor B, a nitrato de calcio y PK-Ultra (00-30-30) al 2 y 1%; más un testigo absoluto. Se realizaron dos aplicaciones foliares en la primera semana de mayo y junio de 2017 con los tratamientos antes descritos. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones, siendo un árbol con dos ramas la unidad de muestreo.

Las variables respuesta medidas y evaluadas a los 40 días después de la última aplicación, fueron: diámetro de tallo del árbol, longitud y diámetro de ramas, número de nudos y frutos por rama, diámetro y longitud de frutos y el peso de cinco frutos. A los datos se

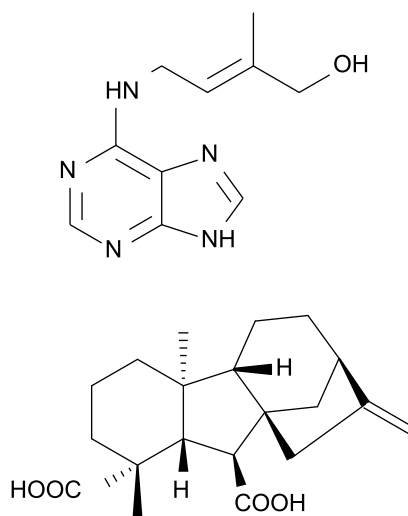


Figura 1. Molécula de zeatina (arriba) y ácido giberélico (abajo).

les realizó un análisis de varianza y prueba de medias Tukey ($p \leq 0.05$), utilizando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System Ver. 9.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de biorreguladores (citocininas y ácido giberélico) no influye de manera directa en el porte del árbol; sin embargo, con ácido giberélico incrementa la longitud de las ramas en 31.5%, además de aumentar el número de frutos presentes por rama en 15%, presentando valores de 14.63 y 12.75 frutos por ramas, respecto al testigo; es decir, que, a mayor longitud de ramas, mayor número de nudos, considerando que cada nudo tiene potencial para generar al menos un nuevo fruto (Figura 2). En cuanto a los nutrimentos aplicados de manera simultánea a los biorreguladores, se registró que fue el nitrato de calcio al 2% el que promovió mayor longitud de ramas y número de frutos en la misma, con valores promedio de 93.81 cm y 15.13 frutos por rama, en comparación de 67.6 cm y 12.75 frutos por cada rama de los arboles testigo.

Autores como, Olszewski et al. (2002), sugirieron que las giberelinas están involucradas en la regulación de varios aspectos del crecimiento y desarrollo de las plantas, mediante diversas rutas metabólicas y de señalización; estimulan la división y elongación celular, además de regular la fase de juvenilidad a la fase adulta de las plantas, influyendo también en la iniciación de la floración y la formación de flores unisexuales en algunas especies, pudiendo sustituir algunos estímulos ambientales, tales como la luz y la temperatura (Davies, 2010). Taiz y Zeiger (2009) afirman que las giberelinas regulan el ciclo celular en los meristemos intermedios, promoviendo el desarrollo y la división celular. En plantas adultas se observan niveles elevados de expresión de genes biosintéticos en los tejidos de rápido crecimiento, como, el meristemo apical, las hojas en expansión, los pecíolos y los entrenudos en elongación (Helmuth et al., 1997).

El efecto de las giberelinas sobre la inducción floral es complejo, ya que es un fenómeno específico de cada especie, en ciertas condiciones y en algunas plantas pro-

mueve la floración, y en otras la inhibe. Los efectos positivos o negativos de estos biorreguladores, pueden ser controlados en varias etapas de desarrollo (iniciación e inducción floral o formación de meristemos reproductivos) (Mutasa-Gottgens y Hedden, 2009).

Los sitios específicos, el momento de síntesis natural de las giberelinas y las respuestas de la planta, deben ser reguladas para un óptimo crecimiento y desarrollo. Las giberelinas de manera natural, suelen estar presentes en la mayoría de tejidos vegetativos y florales en concentraciones bajas (0.1 a 100 ng g⁻¹ de peso fresco) (Hedden y Phillips, 2000). En general, los niveles más altos de giberelinas se encuentran en los puntos de crecimiento activo de órganos, tal es el caso de la expansión de entrenudos y el propio desarrollo floral (Hu et al., 2008). Lo anterior indica que el ácido giberélico aplicado vía foliar a 20 mg kg⁻¹, en combinación con nitrato de calcio al 2%, son una alternativa para incrementar vigor de las ramas en árboles de higo, lo cual se refleja en mayor número de nudos y frutos.

Al evaluar características de los frutos cosechados, y cómo estos fueron influenciados por la aplicación de biorreguladores y nutrimentos vía foliar, se observó que las citocininas y ácido giberélico, aumentan el diámetro ecuatorial y la longitud de frutos entre 3 y 7% (Cuadro 1), lo cual es reflejado en el peso de los frutos, ya que este se incrementa hasta en 13.5% con respecto al testigo absoluto. En cuanto al

efecto de los nutrimentos foliares sobre el crecimiento y rendimiento de fruto, fue el nitrato de calcio al 2% el que aumentó su tamaño, mejorando así el rendimiento en 17% (Figura 3). Como observación relevante, se tiene que el tratamiento a base de ácido giberélico, como biorregulador, en combinación con nitrato de calcio, promueve el desarrollo de dos frutos por cada punto de crecimiento (nudo), respecto a los demás tratamientos, ya que comúnmente se desarrolla un fruto por cada nudo (Figura 4).

Estos resultados concuerdan con lo encontrado en frutos de cerezo (*Prunus avium* L.), donde la aplicación precosecha de ácido giberélico aumentó el diámetro



Figura 2. Potencial de ramas de higo (*Ficus carica* L.) para producir un fruto por nudo.

del fruto (Podestá *et al.*, 2001). Las giberelinas, como responsables de la expansión celular (García-Martínez y Hedden, 1997), están entre los reguladores que incrementan el volumen de los frutos, sin afectar el contenido de sólidos solubles ni la acidez titulable, como se registró en frutos de fresa (*Fragaria* sp.) (Rohloff *et al.*, 2002).

Usenik *et al.* (2005) encontraron que la aplicación de ácido giberélico aumentó el rendimiento de los frutos de cerezo (*Prunus cerasus* L.). Los resultados también sugieren que la dosis utilizada de ácido giberélico estuvo dentro de los niveles requeridos para las plantas, ya que, según Tehranifar y Battey (1997), se podría esperar un efecto negativo cuando se usan dosis muy altas del regulador. Saure (2005) enfatiza la importancia del calcio en la prolongación de la vida de anaquel de los frutos, el mejoramiento de su crecimiento, estatus nutrimental de la planta, productividad, resistencia a desordenes causados por patógenos y calidad de los frutos. Zheng *et al.* (2009), encontraron que al aplicar 20 mmol L⁻¹ de nitrato de calcio (Ca(NO₃)₂), durante periodos de estiaje, se podría mejorar la resistencia al estrés por déficit de agua, incrementar la tasa fotosintética de las hojas e inhibir fisiopatías, típicas en cítricos, por exceso de calor. Al asperjar árboles frutales con Ca, durante el periodo de aborto fisiológico de frutos, se

Cuadro 1. Efecto de biorreguladores y nutrimentos aplicados vía foliar sobre la parte vegetativa de plantas de *Ficus carica* L.

	Ø Tronco (cm)	Longitud rama (cm)	Ø Rama (cm)	Nudos/rama (número)	Fruto/rama (número)
Biorregulador vía foliar					
Citocininas	8.94 a	73.00 b	2.05 a	19.88 a	10.81 c
Ác. giberélico	8.93 a	88.89 a	2.15 a	20.63 a	14.63 a
Testigo	9.00 a	67.60 b	2.26 a	20.34 a	12.75 b
Nutrimento foliar					
Nitrato de calcio	8.30 a	93.81 a	2.06 a	20.69 a	15.13 a
Fósforo-potasio	9.56 a	68.06 b	2.14 a	19.81 a	10.31 c
Testigo	9.00 a	67.60 b	2.26 a	20.34 a	12.75 b

* Ø= Diámetro.

Cuadro 2. Efecto de biorreguladores y nutrimentos aplicados vía foliar sobre características de frutos de higo.

	Ø Fruto (cm)	Longitud de fruto (cm)	Longitud de pedúnculo (cm)	Peso de cinco frutos (g)
Biorregulador vía foliar				
Citocininas	3.36 a	4.16 a	1.40 a	101.40 a
Ác. giberélico	3.40 a	4.06 ab	1.50 a	101.37 a
Testigo	3.17 b	4.03 b	1.29 a	89.40 b
Nutrimento foliar				
Nitrato de calcio	3.38 a	4.15 a	1.64 a	104.72 a
Fósforo-potasio	3.37 a	4.06 ab	1.26 b	98.04 ab
Testigo	3.17 b	4.03 b	1.29 b	89.40 b
Combinación				

* Ø=Diámetro.

disminuyó la caída, se alargó el periodo del ciclo y periodo de maduración de los frutos; además, se han realizado algunas investigaciones donde se registra la influencia del Ca sobre el intercambio gaseoso en frutos, la absorción de nutrimentos, así como, la apariencia y calidad de la fruta (Zheng *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

La aplicación de biorreguladores y macronutrientes vía foliar son una alternativa para potenciar el rendimiento del cultivo de higo a campo abierto, en caso específico del ácido giberélico en combinación con nitrato de calcio pro-

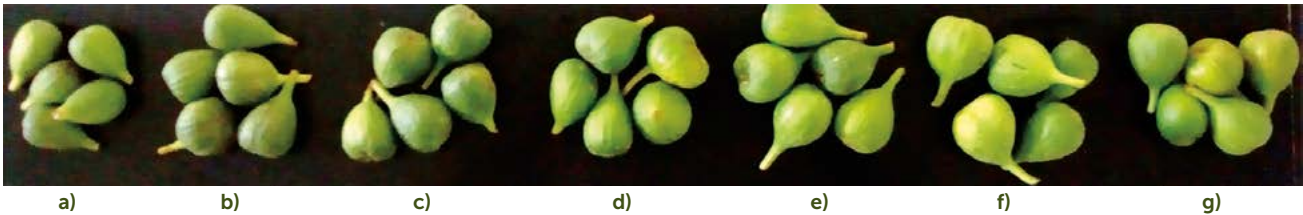


Figura 3. Efecto de los biorreguladores y nutrimentos foliares aplicados vía foliar sobre las características de dimensión en frutos de *Ficus carica* L. (a) testigo, b) citocininas, c) citocininas más nitrato de calcio, d) citocininas mas P-K, e) ácido giberélico, f) ácido giberélico más nitrato de calcio y g) ácido giberélico más P-K).



Figura 4. Desarrollo de dos frutos en cada nudo por efecto de ácido giberélico y nitrato de calcio, en plantas de *Ficus carica* L.

mueven mayor vigor de las ramas productivas e incrementan el número de frutos por rama; de igual forma al aplicar citocininas y ácido giberélico, en combinación con nitrato de calcio y fósforo-potasio, aumentan la calidad y el rendimiento de los frutos.

LITERATURA CITADA

- Arshad M., Frankenberger W.T. 1991. Microbial production of plant hormones. *Plant and Soil* 133: 1-8.
- Chatterjee C., Dube B.K. 2004. Nutrient Deficiency in Vegetables and their Management. In: K.G. Mukerji (ed). *Disease Management of Fruits and Vegetables*. Fruit and Vegetables. Kluwer Academic Publishers, pp: 145-188.
- Davies P.J. 2010. Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action. *Gibberellin Biosynthesis and Inactivation*. Springer 63-94.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. *Statistical Yearbook. Agricultural Production*. Consultado en Julio, 2017. Disponible en [http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC].
- García-Martínez J.L., Hedden P. 1997. Gibberellins and fruit development. In: Tomás-Barberán F.A., Robins R.J., editors. *Phytochemistry of Fruit and Vegetables*. Oxford. UK: Clarendon Press pp: 263-285.
- Hedden P., Phillips A. 2000. Gibberellin metabolism: new insights revealed by the genes. *Trends Pharmacol Sci* 5: 523-530.
- Helmut H.B., Robinson D.G., Graebe J.E. 1997. *Planta*. 202: 211-219.
- Hu J., Mitchum M.G., Barnaby N., Ayele B.T., Ogawa M., Nam E., Lai W.C., Hanada A., Alonso J.M., Ecker J.R., Swain S.M., Yamaguchi S., Kamiya Y., Sun T.P. 2008. Potential sites of bioactive gibberellin production during reproductive growth in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 206(1): 320-336.
- Krislev M.E.A., Hartman O.B. 2006. Early domesticated fig in the Jordan Valley. *Science* 312(5778): 1273-1275.
- Mutasa-Göttgens E., Hedden P. 2009. Gibberellin as a factor in floral regulatory networks. *Journal of Experimental Botany* 60(7): 1979-1989.
- Olszewski N., Sun T.P., Gubler F. 2002. Gibberellin signalling, biosynthesis, catabolism, and response pathways. *Plant Cell (Suppl.)* 14: 561-580.
- Podestá L., Gil F., Rodríguez M.A., Arjona C. 2001. Efecto del ácido giberélico y del calcio sobre el tamaño, agrietamiento y otros parámetros de calidad en frutos de cerezo (*Prunus avium* L.) cv. Bing. *Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales* 16(1): 37-48.
- Rohloff J., Fiscoa-Hagen S., Iversen T. 2002. The effect of plant biochemical regulators on strawberry production in field trials under drip irrigation management at 5 locations in Norway. *Acta Hort* 567: 463-466.
- Saure M.C. 2005. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. *Scientia Hort* 105: 65-89.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. México. Consultado en Julio, 2017. Disponible en [www.siap.gob.mx].
- Taiz L., Zeiger E. 2009. *Fisiología Vegetal*. Ed. ArtMed (4ª ed). Porto Alegre. 819 p.
- Tehrani A., Battey N.H. 1997. Comparison of the effects of AG₃ and chilling on vegetative vigor and fruit set in strawberry. *Acta Horticulturae* 439: 627-631.
- Usenik V., Kastelec D., Stampar F. 2005. Physicochemical changes of sweet cherry fruits related to application of gibberellic acid. *Food Chem* 90(4): 663-671.
- Zheng Y.Q., He S.L., Deng L., Yi S.L., Mao S.S., Niu T.X. 2009. Effect of calcium treatment on oleocellulose development and external quality of citrus fruits. *Journal of Southwest University* 31: 64-66.
- Zheng Y.Q., Yang Q., Jia X.M., Liu Y.M., He S.L., Deng L., Xie R., Yi S.L., Lü Q. 2017. Ca(NO₃)₂ canopy spraying during physiological fruit drop period has a better influence on the tree character and fruit quality of Newhall navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck). *Journal of Integrative Agriculture* 16(7): 1513-1519.